TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÂN KHẤU – ĐIỆN ẢNH HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN ẢNH – TRUYỀN HÌNH

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 11 · PHẦN C

Máy chiếu và hiển thị cỡ lớn

Mục 11.15 – 11.19 · Dành cho sinh viên Quay phim, Đạo diễn điện ảnh – truyền hình, Dựng phim, Đạo diễn âm thanh

Hà Nội – 2026

MỤC 11.15

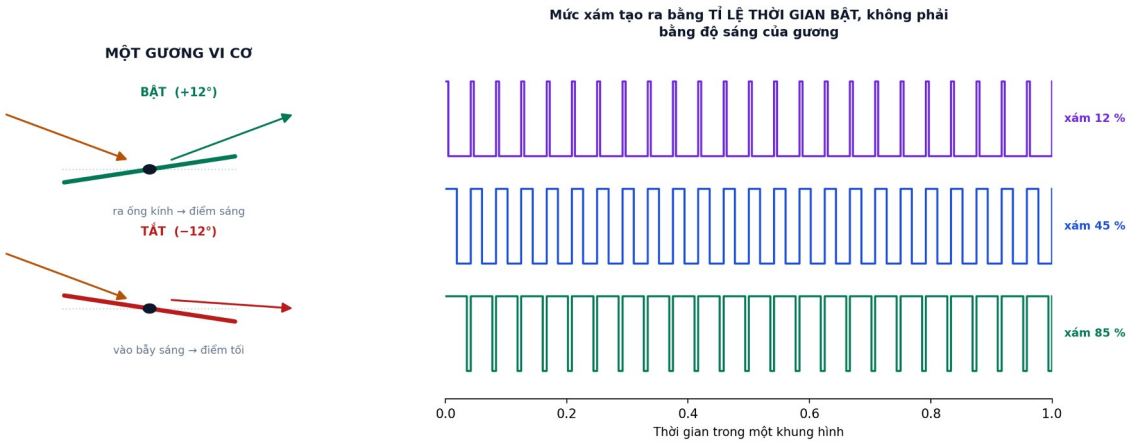
Ba họ cơ cấu tạo ảnh của máy chiếu

- Nguyên lý thứ ba: ảnh tạo trong máy, phóng lên mặt phản xạ ở xa
- Khác biệt cốt lõi: NGUỒN SÁNG là bộ phận riêng
- Vì thế máy chiếu phải đọc theo HAI trục
- Máy chiếu rạp hiện đại là DLP VÀ laser cùng lúc



Bản gốc của giáo trình liệt kê "máy chiếu DLP" và "máy chiếu laser" như hai dòng ngang hàng. Thực ra DLP nói về cơ cấu tạo ảnh còn laser nói về nguồn sáng — một máy chiếu rạp hiện đại là DLP VÀ laser cùng lúc.

Gương vi cơ — chỉ hai trạng thái, vậy mức xám từ đâu?



Gương chỉ có hai trạng thái: bật hoặc tắt. Mức xám sinh ra do mắt lấy trung bình theo thời gian. Đây cũng là nguồn gốc của hiện tượng cầu vồng ở máy một chip: khi bánh xe màu quay, ba màu tới mắt lệch nhau về thời gian.

- Một con chip mang **hàng triệu gương nhỏ**, mỗi gương ứng với một điểm ảnh.
- Mỗi gương lật sang hai vị trí: **+12°** phản xạ vào ống kính (điểm sáng), **−12°** hắt vào bẫy sáng (điểm tối).
- Mức xám sinh ra từ **TỈ LỆ THỜI GIAN**: trong mỗi khung hình, gương lật hàng nghìn lần, và tỉ lệ thời gian ở trạng thái bật quyết định mức sáng mà mắt lấy trung bình.
- Kỹ thuật này gọi là **điều biến độ rộng xung** — và nó sẽ xuất hiện lại nguyên xi ở mục 11.26 với tường LED.

Gương chỉ có hai trạng thái; mức xám do mắt lấy trung bình theo thời gian

MỤC 11.15.3

Ba họ cơ cấu tạo ảnh đối chiếu

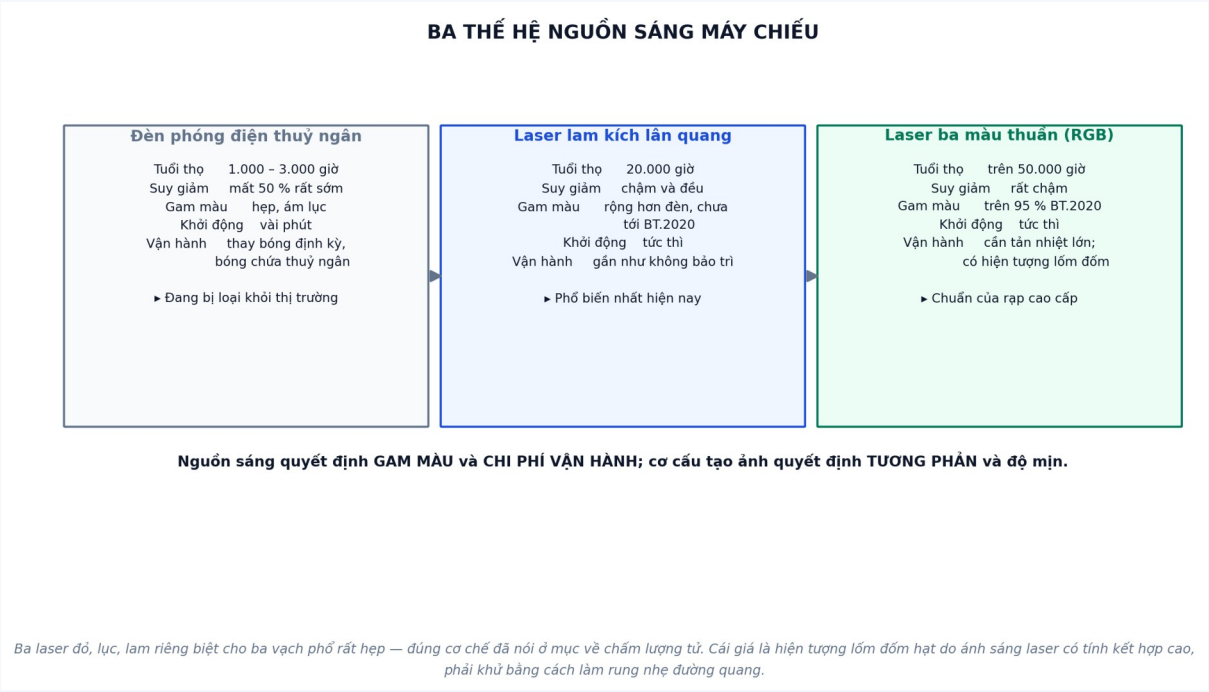
Tiêu chí	Gương vi cơ (DMD)	LCD ba tấm	LCoS
Nguyên lý	Gương lật, PHẢN XẠ	Ba tấm tinh thể lỏng TRUYỀN QUA	Tinh thể lỏng trên nền silic, PHẢN XẠ
Tương phản	Cao ở máy ba chip	Trung bình — vẫn vướng sàn rò	Cao nhất trong ba họ
Cầu vồng	Có, ở máy một chip	Không	Không
Lưới điểm ảnh	Mịn, khe hẹp	Thấy rõ khe — hiện tượng "cửa lưới"	Gần như không thấy khe
Độ bền	Rất bền — gương là chi tiết vô cơ	Tấm nền ngả màu sau vài nghìn giờ	Tốt
Chỗ dùng chính	RẠP CHIẾU PHIM — cơ cấu duy nhất còn dùng ở đó	Hội trường, lớp học, văn phòng	Rạp tại gia cao cấp

Với sinh viên ngành điện ảnh, họ đáng quan tâm nhất là gương vi cơ — mọi tiêu chuẩn chiếu rạp ở mục 11.18 đều xây quanh nó.

MỤC 11.16

Nguồn sáng máy chiếu

- Nguồn sáng quyết định GAM MÀU và CHI PHÍ VẬN HÀNH
- Cơ cấu tạo ảnh quyết định TƯƠNG PHẢN và độ mịn
- Ba thế hệ: đèn phóng điện, laser lân quang, laser RGB
- Đây là trục đã thay đổi nhiều nhất trong mười năm



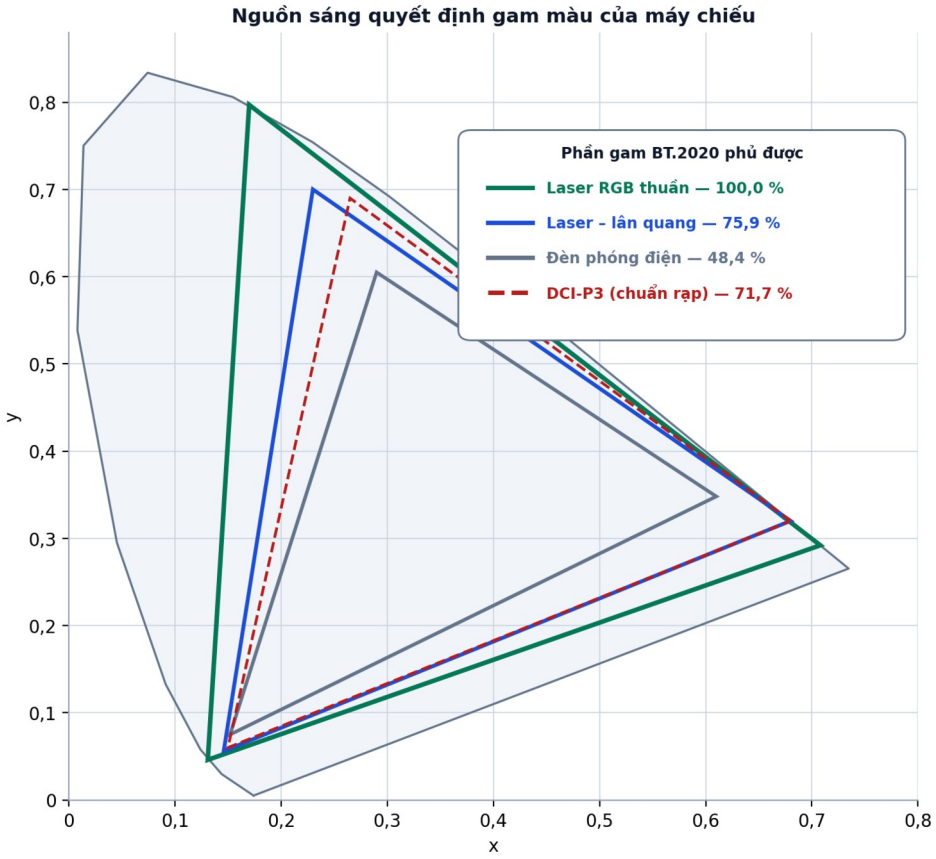
Ba laser đỏ, lục, lam riêng biệt cho ba vạch phổ rất hẹp — đúng cơ chế đã nói ở mục về chấm lượng tử. Cái giá là hiện tượng lốm đốm hạt do ánh sáng laser có tính kết hợp cao, phải khử bằng cách làm rung nhẹ đường quang.

MỤC 11.16.2

Vì sao laser ba màu cho gam rộng nhất

Cơ chế ở đây giống HỆT chấm lượng tử ở mục 11.6.3 và đèn nền RGB ở mục 11.6.4. Đó không phải trùng hợp.

- Bài toán chung: gam màu rộng đòi ba màu cơ bản **TINH KHIẾT**, mà màu tinh khiết đòi vạch phổ **HẸP**.
- Lớp lân quang cho vạch rộng, chồng lấn nhau — nên gam bị khoá lại.
- Muốn hẹp thì phải bỏ lân quang và dùng nguồn phát trực tiếp ở đúng ba bước sóng. **Laser là nguồn có vạch hẹp nhất con người làm ra được.**
- Kết quả: **trên 95 % BT.2020** — vượt xa mọi tấm nền hiện có.



Toạ độ ba đỉnh của hai nguồn sáng đầu là giá trị tiêu biểu để so sánh cơ chế, không phải số đo của một máy cụ thể. Điều cần nhớ là THỨ TỰ và khoảng cách: bỏ lớp lân quang đi thì gam nhảy vọt, đúng như ở màn hình.

Gam màu của ba thế hệ nguồn sáng trên biểu đồ sắc độ

MỤC 11.16.3

Quang thông còn lại theo giờ chiếu

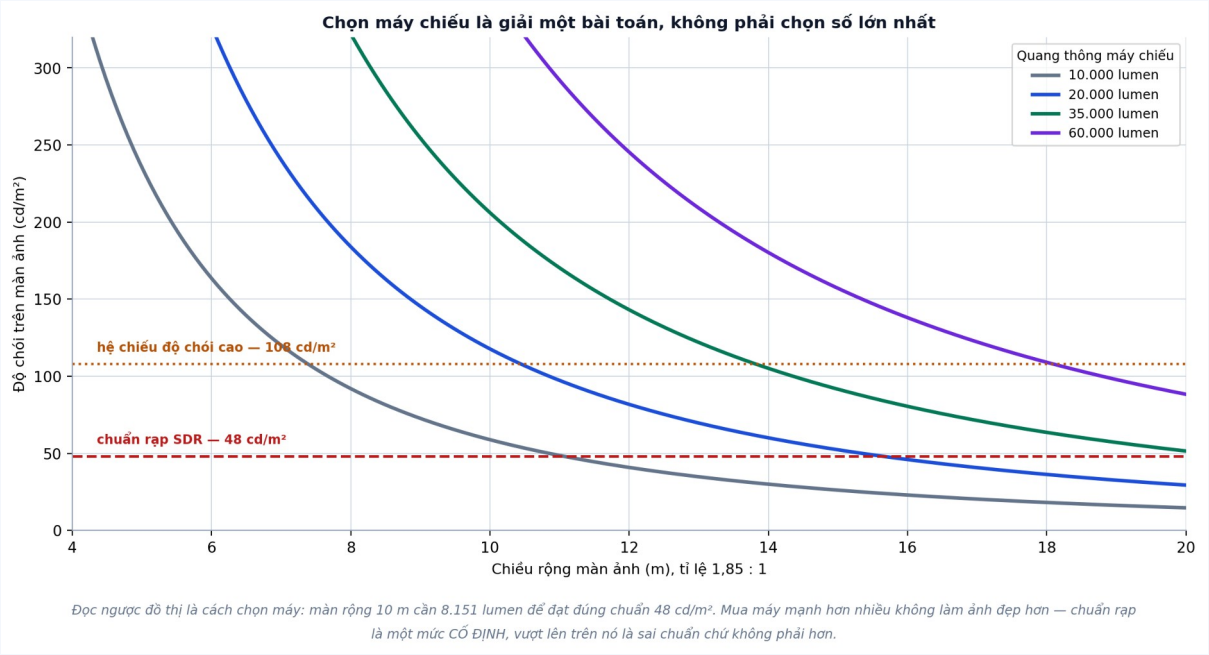
Số giờ đã chiếu	Đèn phóng điện (bán rã 2.000 giờ)	Laser lân quang (bán rã 30.000 giờ)	Laser ba màu (bán rã 60.000 giờ)
1.000 giờ	71 %	98 %	99 %
3.000 giờ	35 %	93 %	97 %
10.000 giờ	—	79 %	89 %
20.000 giờ	—	63 %	79 %

Quy tắc nghề: chọn máy DƯ khoảng ba tới bốn phần mười so với con số tính ra — không phải để chiếu sáng hơn, mà để còn đúng chuẩn sau vài nghìn giờ.

MỤC 11.17

Đo máy chiếu và màn ảnh

- Quang thông và độ chói là HAI đại lượng khác nhau
- Cùng một máy, màn to hơn thì tối đi theo BÌNH PHƯƠNG
- Tỉ số chiếu để chọn ống kính
- Hệ số khuếch đại không tạo ra ánh sáng



Đọc ngược đồ thị là cách chọn máy: màn rộng 10 m cần 8.151 lumen để đạt đúng chuẩn 48 cd/m². Mua máy mạnh hơn nhiều không làm ảnh đẹp hơn — chuẩn rạp là một mức CỐ ĐỊNH, vượt lên trên nó là sai chuẩn chứ không phải hơn.

CÔNG THỨC (11.7)

Độ chói trên màn ảnh từ quang thông máy chiếu

$$L = \frac{\Phi \cdot G}{\pi \cdot A} \quad [\text{lm},\ \text{m}^2 \rightarrow \text{cd/m}^2]$$

- Φ — quang thông của máy chiếu, tính bằng lumen
- G — hệ số khuếch đại của màn ảnh (màn khuếch tán chuẩn: G = 1,0)
- A — diện tích màn ảnh, tính bằng mét vuông
- Hệ số π xuất hiện vì màn khuếch tán phát ánh sáng vào TOÀN BỘ nửa không gian phía trước, không tập trung theo một hướng

CÔNG THỨC (11.9)

Quy đổi đơn vị và mẹo tính nhẩm của ngành rạp

$$1\ \text{fL} = 3{,}426\ \text{cd/m}^2\ ; \qquad L_{[\text{fL}]} = \frac{\Phi_{[\text{lm}]}}{A_{[\text{ft}^2]}}$$

- 1 fL = 3,426 cd/m². Chuẩn rạp 14 fL tương đương 48 cd/m²
- Số foot-lambert trên màn = số lumen chia diện tích màn tính bằng FOOT VUÔNG
- Không có hệ số nào — vì một foot-lambert theo định nghĩa chính là một lumen trên một foot vuông từ mặt khuếch tán hoàn hảo

- Vậy: số lumen cần = 14 × diện tích màn tính bằng foot vuông

Tình huống: Phòng chiếu có màn ảnh rộng 8 m, tỉ lệ 1,85 : 1, màn khuếch tán hệ số 1,0. Cần máy chiếu bao nhiêu lumen?

1. Chiều cao màn: 8 ÷ 1,85 = **4,32 m**
2. Diện tích: 8 × 4,32 = **34,6 m²**
3. Theo (11.8): Φ = 48 × π × 34,6 ÷ 1,0
4. Φ = **5.217 lumen**

Kết luận nghề: Nếu phòng ấy lắp máy 20.000 lumen thì độ chói lên tới 184 cd/m² — gấp gần BỐN lần chuẩn. Đó không phải "tốt hơn", đó là SAI CHUẨN.

CÂU HỎI TẠI LỚP

Chiếu một bản phim rạp ở 180 cd/m² thay vì 48 cd/m². Điều gì xảy ra?

A Ảnh đẹp hơn vì sáng hơn, rõ hơn

B Không khác gì — mắt tự thích nghi

C Hiển thị SAI ý đồ: vùng tối bị đẩy lên xám, quan hệ tương phản lệch

D Chỉ tốn điện hơn, ảnh không đổi

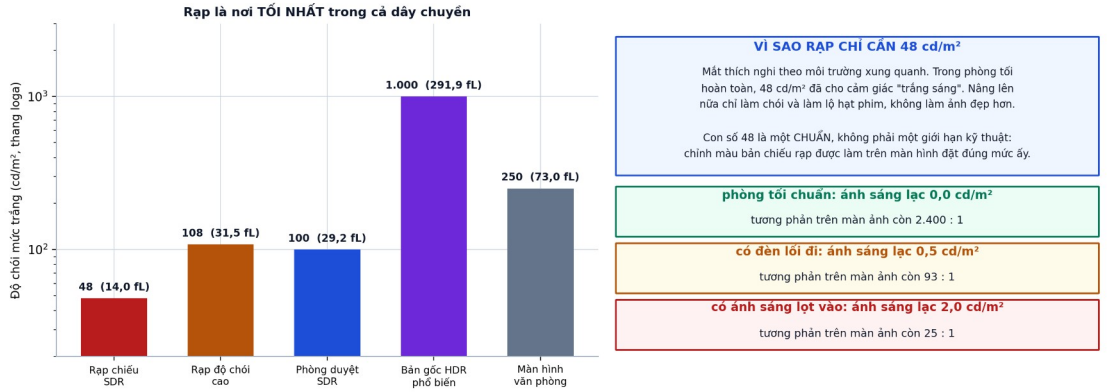
Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Đáp án

Hiển thị SAI ý đồ của người chỉnh màu

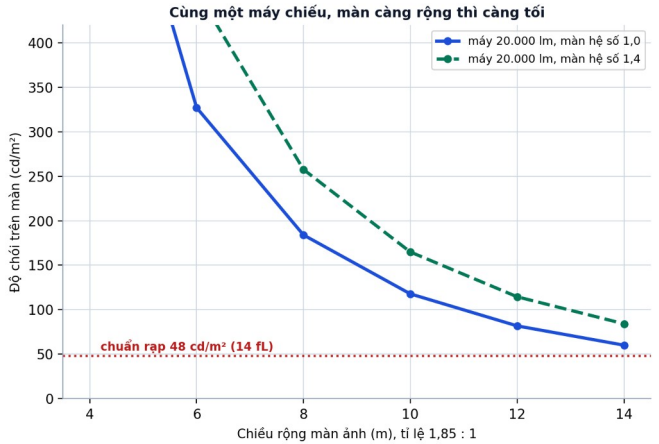
- Bản phim ĐÃ ĐƯỢC chỉnh màu trên màn hình đặt đúng ở 48 cd/m².
- Chiếu sáng hơn thì vùng tối bị đẩy lên thành xám, và **toàn bộ quan hệ tương phản trong khung hình bị lệch**.
- Mắt thích nghi theo môi trường: trong phòng tối hoàn toàn, 48 cd/m² đã cho cảm giác "trắng sáng" đầy đủ.
- Đây cũng là lý do phải làm một **bản phái sinh riêng** cho từng nơi phát hành — nối lại cây bản phái sinh ở mục 10.29.



Ánh sáng lạc phá tương phản nhanh hơn mọi thứ khác. Một phòng chiếu tường trắng làm hỏng bản phim triệt để hơn là một máy chiếu yếu — đó là lý do rạp sơn đen toàn bộ tường, trần và sàn quanh màn ảnh.

Đo chín điểm — và con số thứ hai mà nó cho biết





Độ chói giảm theo BÌNH PHƯƠNG chiều rộng màn, vì diện tích tăng theo bình phương. Với máy 20.000 lumen và màn hệ số 1, chuẩn rạp 48 cd/m² còn giữ được tới màn rộng khoảng 15,7 m; rộng hơn nữa là phải đổi máy.

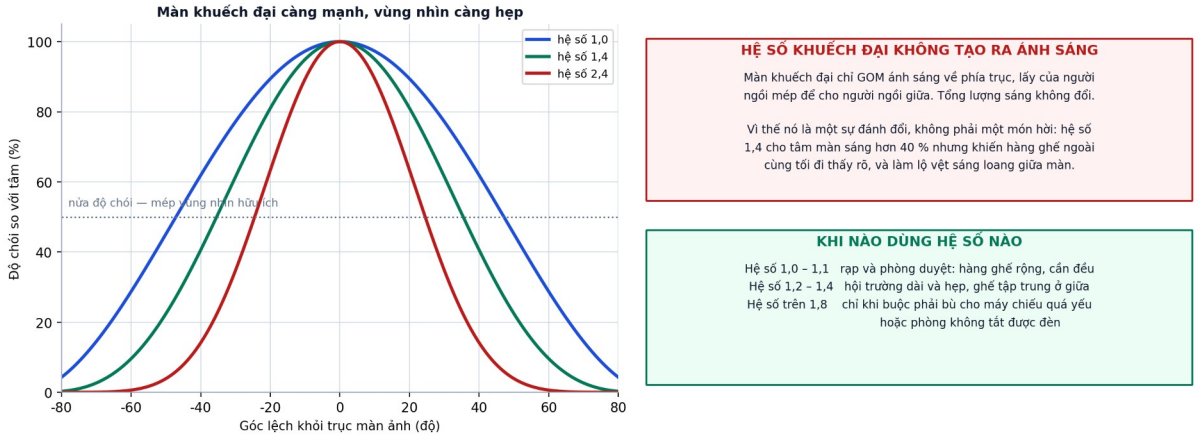
- Quang thông công bố của một máy chiếu là con số **trung bình** đo theo quy trình chín điểm: bảng trắng toàn màn, lưới ba nhân ba, đo tại tâm mỗi ô.
- Nhưng chín số ấy còn nói một điều nữa: **độ đồng đều** = số đo thấp nhất chia số đo cao nhất.
- Máy chiếu tốt đạt **trên 85 %**; dưới **75 %** thì góc màn tối thấy rõ bằng mắt.
- Đây là bước 4 của bài thực hành số 3 — và là con số mà tài liệu bán hàng gần như không bao giờ công bố.

Quy trình đo chín điểm và quan hệ giữa bề rộng màn với độ chói

Hệ số khuếch đại KHÔNG tạo ra ánh sáng

Màn khuếch đại chỉ GOM ánh sáng về phía trục — lấy của người ngồi mép để cho người ngồi giữa.

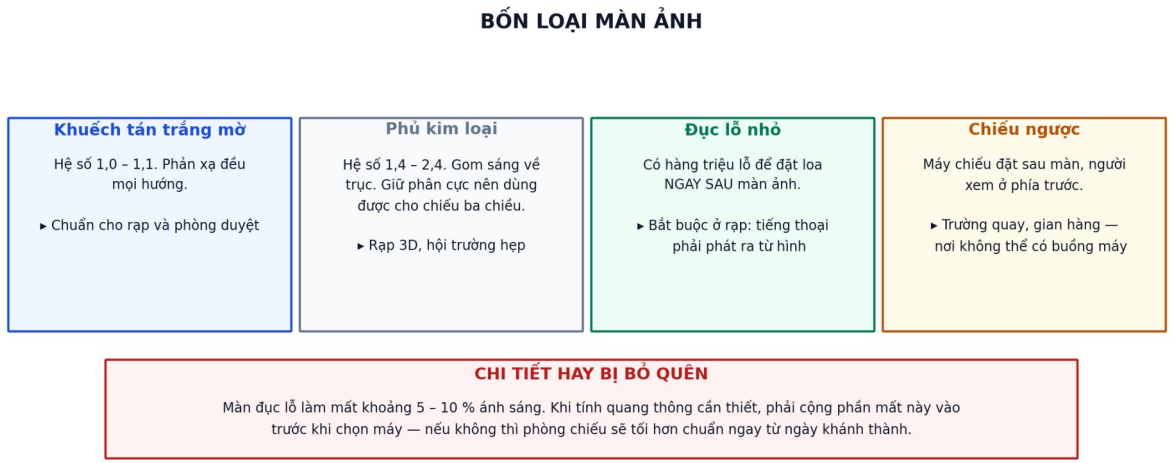
- Tổng lượng sáng phản xạ **không đổi**. Vì thế đây là một sự đánh đổi, không phải một món hời.
- **1,0 – 1,1** — rạp và phòng duyệt: hàng ghế rộng, cần ĐỀU. Gần như luôn là lựa chọn đúng.
- **1,2 – 1,4** — hội trường dài và hẹp, ghế tập trung quanh trục. Hàng ghế ngoài cùng tối đi thấy rõ.
- **Trên 1,8** — chỉ khi buộc phải bù cho máy quá yếu hoặc phòng không tắt được đèn. Người ngồi lệch trục thấy một bức ảnh khác hẳn người ngồi giữa.



Với phòng duyệt hình của một cơ sở đào tạo, màn hệ số 1,0 gần như luôn là lựa chọn đúng: độ đều quan trọng hơn độ sáng, vì người ngồi mọi chỗ đều phải thấy CÙNG một hình.

Màn khuếch đại càng mạnh thì vùng nhìn càng hẹp

Bốn loại màn ảnh — và một chi tiết hay bị bỏ quên



Màn ảnh là một bộ phận quang học thật sự, không phải "cái phông trắng". Chọn sai loại màn phá hỏng một hệ máy chiếu tốt nhanh hơn là chọn sai máy chiếu.

- **Khuếch tán trắng mờ** (hệ số 1,0 – 1,1) — chuẩn cho rạp và phòng duyệt.
- **Phủ kim loại** (1,4 – 2,4) — giữ phân cực nên dùng được cho chiếu ba chiều.
- **Đục lỗ nhỏ** — bắt buộc ở rạp, để đặt loa NGAY SAU màn: tiếng thoại phải phát ra từ đúng chỗ hình.
- **Chiếu ngược** — máy đặt sau màn; dùng ở trường quay, gian hàng, nơi không thể có buồng máy.
- ► Màn đục lỗ mất **5 – 10 %** ánh sáng qua các lỗ. Phần mất này phải cộng vào TRƯỚC khi chọn máy.

Bốn loại màn ảnh và chỗ dùng của từng loại

MỤC 11.17.4

Tỉ số chiếu — chọn ống kính cho màn rộng 8 m

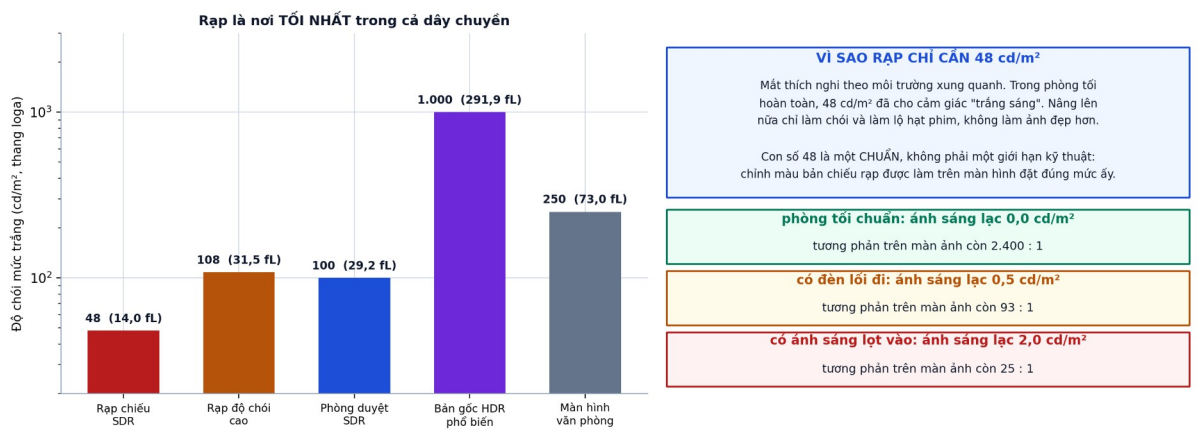
Khoảng cách máy tới màn	Tỉ số chiếu	Loại ống kính
6 m	0,75 : 1	Ống góc rộng — phòng nông, hay gặp ở phòng học cải tạo
12 m	1,50 : 1	Ống tiêu chuẩn — dải phổ biến nhất
20 m	2,50 : 1	Ống tele — buồng máy đặt cuối phòng
28 m	3,50 : 1	Ống tele dài — rạp lớn

TR = khoảng cách ÷ bề rộng ảnh. Ống kính máy chiếu ghi theo DẢI tỉ số chiếu; tỉ số tính ra phải nằm trong dải ấy thì mới lắp được.

MỤC 11.18

Chuẩn chiếu rạp và HDR trong rạp

- 48 cd/m² — rạp là nơi TỐI NHẤT trong cả dây chuyền
- Ánh sáng lạc phá tương phản nhanh hơn mọi thứ khác
- Màn LED bắt đầu thay máy chiếu — ba được, ba mất
- Khoảng cách hàng ghế đầu bị khoá bởi bước điểm ảnh



Ánh sáng lạc phá tương phản nhanh hơn mọi thứ khác. Một phòng chiếu tường trắng làm hỏng bản phim triệt để hơn là một máy chiếu yếu — đó là lý do rạp sơn đen toàn bộ tường, trần và sàn quanh màn ảnh.

MỤC 11.18.2

Ánh sáng lạc phá tương phản rạp nhanh đến mức nào

Điều kiện phòng	Ánh sáng lạc	Tương phản còn lại trên màn
Phòng tối chuẩn, tường sơn đen mờ	0,0 cd/m²	2.400 : 1
Có đèn lối đi và biển thoát hiểm	0,5 cd/m²	93 : 1
Có ánh sáng lọt vào, hoặc tường sáng màu	2,0 cd/m²	25 : 1
Phòng học không che rèm kỹ	6,0 cd/m²	9 : 1

Tính từ công thức (11.1) với L_w = 48 và L_b = 0,02 cd/m².

Sơn tối tường TRƯỚC, nâng cấp máy chiếu SAU

việc thứ nhất rẻ hơn nhiều lần và cho hiệu quả lớn hơn

Màn LED thay máy chiếu — ba được, ba mất



Con số này tính từ công thức khoảng cách tới hạn với góc phân giải của mắt là một phút góc. Ngồi gần hơn thì thấy lưới điểm ảnh — nghĩa là hàng ghế đầu của một rạp màn LED phải lùi ra xa hơn hẳn so với rạp dùng máy chiếu.

- **Được:** độ chói 300 – 500 cd/m² thay vì 48 — đủ để chiếu HDR THẬT. Mức đen tuyệt đối. Không cần buồng máy.
- **Mất:** loa không đặt được sau màn, phải bố trí lại toàn bộ hệ tiếng — và tiếng thoại không còn phát ra từ miệng nhân vật.
- **Mất:** giá đầu tư cao hơn nhiều lần một hệ máy chiếu.
- **Mất:** khoảng cách xem tối thiểu bị **KHOÁ** bởi bước điểm ảnh — ràng buộc cứng, không gỡ được bằng tiền.

Rạp máy chiếu và rạp màn LED đối chiếu

Khoảng cách tới hạn theo góc phân giải

$$d_{\min} = \frac{p}{\alpha}\ ; \qquad \alpha_{\text{eye}} \approx 2{,}909 \cdot 10^{-4}\ \text{rad}\ , \quad \alpha_{\text{cam}} = \frac{s_{\text{px}}}{f}$$

- p — bước điểm ảnh; α — góc phân giải, tính bằng radian
- Mắt người: α ≈ 2,909 · 10^{-4} rad, tức khoảng một phút góc
- Máy quay: α = kích thước điểm ảnh cảm biến chia tiêu cự ống kính
- Dưới khoảng cách này thì phân biệt được từng điểm ảnh — thấy lưới

MỤC 11.18.4

Khoảng cách mà MẮT hết phân giải lưới điểm ảnh

Bước điểm ảnh	Khoảng cách tới hạn	Nghĩa là gì
1,2 mm	4,1 m	Hàng ghế đầu phải lùi ra sau mức này
1,5 mm	5,2 m	
2,0 mm	6,9 m	
2,6 mm	8,9 m	Với rạp nhỏ, mức này đã đẩy hàng ghế đầu ra quá xa
3,9 mm	13,4 m	Chỉ dùng cho màn ghép công cộng, không dùng cho rạp

Ràng buộc CỨNG: muốn hàng ghế đầu gần hơn thì phải giảm bước điểm ảnh, mà giảm bước làm chi phí tăng theo BÌNH PHƯƠNG.

Chốt Phần C

Máy chiếu đọc theo HAI trục: cơ cấu tạo ảnh và nguồn sáng. Máy rạp hiện đại là DLP VÀ laser cùng lúc.

$L = \Phi \cdot G / (\pi \cdot A)$: màn to hơn thì tối đi theo BÌNH PHƯƠNG bề rộng.

Gương vi cơ chỉ có hai trạng thái; mức xám do tỉ lệ thời gian bật — cùng cơ chế sẽ gặp lại ở tường LED.

48 cd/m² là một CHUẨN, không phải một giới hạn. Chiếu sáng hơn là sai chuẩn, không phải hơn.

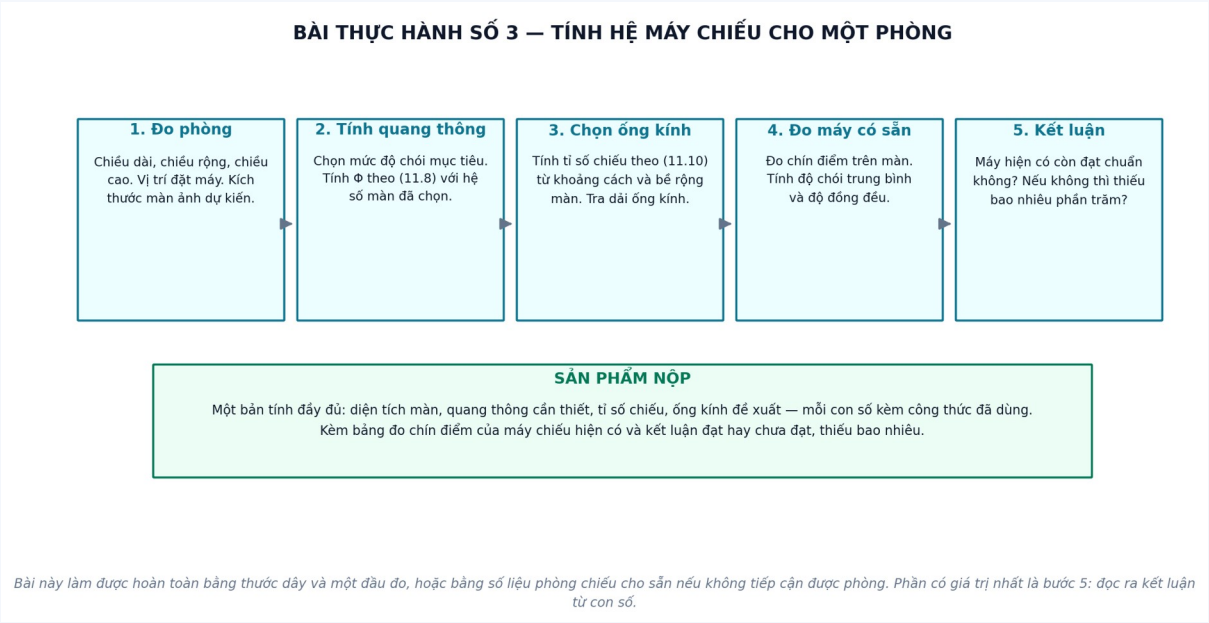
Laser ba màu cho gam rộng nhất vì cùng một lý do với chấm lượng tử: vạch phổ hẹp thì màu tinh khiết.

Ánh sáng lạc phá tương phản nhanh hơn mọi thứ khác — sơn tối tường trước, nâng cấp máy sau.

THỰC HÀNH 11.19

Bài thực hành số 3
Tính hệ máy chiếu cho một phòng

- Bài tính toán ở phần đầu, bài đo thực địa ở phần sau
- Làm được bằng một cái thước dây và một đầu đo
- Hoặc bằng số liệu phòng chiếu cho sẵn
- Phần đáng giá nhất là bước 5: đọc ra KẾT LUẬN từ con số



BÀI THỰC HÀNH 3

Ví dụ tính mẫu — màn 6 m, tỉ lệ 1,85 : 1, máy cách 13 m

Bước	Phép tính	Kết quả
Chiều cao màn	6 ÷ 1,85	3,24 m
Diện tích màn	6 × 3,24	19,46 m²
Quang thông cơ bản	công thức (11.8) với L = 48, G = 1,0	2.934 lumen
Bù màn đục lỗ	2.934 × 1,10	3.228 lumen
Bù suy giảm theo giờ	3.228 × 1,30	4.196 lumen
KẾT LUẬN	Chọn máy từ mức này trở lên	khoảng 4,2 nghìn lumen
Tỉ số chiếu	công thức (11.10): 13 ÷ 6	2,17 : 1

Màn đục lỗ mất 5 – 10 % ánh sáng qua các lỗ; phần mất này phải cộng vào TRƯỚC khi chọn máy, nếu không thì phòng tối hơn chuẩn ngay từ ngày khánh thành.

Sản phẩm nộp

- **Bản vẽ phòng** — sơ đồ mặt bằng và mặt cắt có kích thước, vị trí máy, vị trí màn, hàng ghế đầu và cuối.
- **Bản tính** — diện tích màn, quang thông cần thiết, các hệ số bù, tỉ số chiếu; mỗi con số kèm công thức đã dùng.
- **Bảng đo chín điểm** — chín số đo, độ chói trung bình, độ đồng đều theo phần trăm, kèm điều kiện đo.
- **Kết luận** — đạt hay chưa đạt; thiếu bao nhiêu phần trăm; nguyên nhân; và đề xuất khắc phục xếp theo **thứ tự chi phí từ thấp lên cao**.
- *Với phần lớn phòng chiếu ở cơ sở đào tạo, ba việc rẻ nhất — che kín khe sáng, sơn tối tường quanh màn, lau ống kính và bộ lọc bụi — thường lấy lại được nhiều hơn là mua máy mới.*

Hết Phần C

Phần D: đo kiểm, hiệu chuẩn và LED Volume